

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-175378

(43)Date of publication of application : 13.07.1993

(51)Int.Cl.

H01L 23/373

(21)Application number : 03-344272

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 26.12.1991

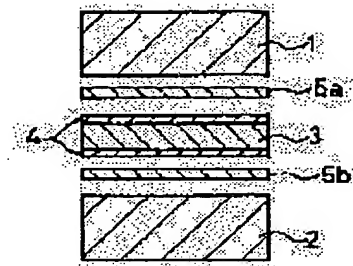
(72)Inventor : OKAMURA HISANOBU
SAKAMOTO MASAHIKO
AKIYAMA HIROSHI

(54) SEMICONDUCTOR DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To prevent deformation and breakage when members with different thermal expansion coefficients are bonded by arranging carbon fiber reinforced carbon compound at the specific part on the compound material and a semiconductor device.

CONSTITUTION: Tungsten 1 and copper 2 are bonded by arranging CFRC 3 in between. The tungsten 1 is 5mm (thickness) × 50mm (width), the copper plate is 20mm (thickness) × 50mm (width), the CFRC 3 is 30mm (thickness) × 50mm (width) and the orientation direction of the carbon fiber is arranged to be vertical to the bonding plane. A metallized layer 4 is previously formed of paste composition which is silver solder containing titanium of 2vol.% on the bonding plane of the CFRC 3 by being heated in a vacuum furnace. Thus, deformation and breakage of the compound material formed by bonding the members with different thermal expansion coefficients are prevented and the highly reliable compound material is obtained.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-175378

(43)公開日 平成5年(1993)7月13日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 23/373		7220-4M	H 0 1 L 23/ 36	M

審査請求 未請求 請求項の数5(全 7 頁)

(21)出願番号	特願平3-344272	(71)出願人	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(22)出願日	平成3年(1991)12月26日	(72)発明者	岡村 久宣 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内
		(72)発明者	坂本 征彦 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内
		(72)発明者	秋山 浩 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内
		(74)代理人	弁理士 平木 祐輔

(54)【発明の名称】 半導体装置

(57)【要約】

【目的】 熱膨張率の異なる部材を接合によって複合化した場合の変形及び破壊を防止し、品質における信頼性の高い複合体及び放熱特性に優れ、品質に対する信頼性の高い半導体装置の提供。

【構成】 熱膨張率の異なる部材の間の少なくとも一側面に金属化層が形成されたCFRCを配置し、複合化されていることを特徴とする複合体、及び半導体素子が搭載されたセラミックス基板と、これを支持する金属支持板とを、接合材を介して接続する構造の半導体装置において、当該セラミックス基板と金属支持板との間に、及び／又は半導体素子とセラミックス基板との間にCFRCを配置して構成されていることを特徴とする半導体装置。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体素子が搭載されたセラミック基板と、これを支持する金属支持板とを有する半導体装置において、当該セラミックス基板と金属支持板との間、又は半導体素子とセラミックス基板との間の少なくともいずれか一方に、炭素繊維強化炭素複合材を配置して構成されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項2】 半導体素子と金属支持板との間に、炭素繊維強化複合材が配置して構成されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項3】 請求項1又は請求項2記載の炭素繊維強化複合材の表面に、接合用の金属化層が形成されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項4】 半導体装置が搭載されたセラミック基板と、これを支持する金属支持板とを有する半導体装置において、当該セラミック基板と金属支持板との間、又は半導体素子とセラミック基板との間の少なくともいずれか一方に配置した炭素繊維強化炭素複合材の炭素繊維の配向方向が、接合面に対して直角になるように配置して構成されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項5】 炭素繊維強化炭素複合材の表面が、ガラス状のカーボン膜又は金属膜によって覆われていることを特徴とする請求項1、請求項2、請求項3、又は請求項4記載の半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、航空宇宙機器、核融合装置等の工業製品に広く適用される熱膨張率の異なる部材から構成される複合体、並びに熱膨張率の異なる部材を接合して得られる半導体装置に関する。

【0002】

【従来の技術】各々の部材の特徴を生かすことを目的として、熱膨張率の異なる部材を接合によって複合化する場合、両者の熱膨張率に伴う熱応力によって、複合体に変形または破壊が生じ、使用目的を十分に達成する複合体が得られないという問題がある。この問題は熱膨張率差の大きい部材の組合せを必要とする場合により顕著である。

【0003】従来、この対策として、下記のような方法が開示されている。すなわち、特開昭60-77181及び特開昭60-155577では、金属とセラミックスとの間に銅等の延性の大きい軟質金属を配置して接合している。特開平1-119571では、窒化ケイ素セラミックスと金属との接合にニッケルやタングステン合金などの熱膨張率が中間の部材を介在させて接合している。特開昭62-132780では、非酸化物系セラミックスと金属との間に、ワイヤ状の金属を介在させて接合している。特開昭62-38319では、セラミックスと金属の間に無機質からなる繊維と金属マトリックスとの複合材を介して接合している。特開平1-290569では、ジルコニアと金属との接合において、

パラジウム及びパラジウム合金を応力緩和材にしている。

【0004】しかし、上記、従来の接合方法で接合された複合体は、熱膨張率差に伴う複合体の破壊は完全に防止できていなかった。また、破壊が発生しない場合でも複合体の強度、耐熱性などに多くの問題があった。特にこの問題は、複合体が大きい場合に顕著である。一方、最近の電力用あるいはLSI用などの半導体素子は発熱量が高く、それらを搭載するモジュールやパッケージ等では、放熱特性の良い絶縁材料を使用する必要がある。これに適したセラミックス材料には、高熱伝導性の炭化ケイ素セラミックスやAlNセラミックス等がある。いずれも熱膨張率がシリコンと同等であるため、半導体素子との間の接合上の問題は少ない。しかし、金属支持体との間では熱膨張係数差が拡大する方向にあり、該セラミックス基板と金属基板とを接合した場合のセラミックスの破壊または接合層の熱疲労が大きな問題となっていた。この問題は、絶縁基板として、アルミナセラミックスを使用する半導体装置の場合も同様である。従来、この対策として、特開昭56-146261号公報では、発熱するシリコンチップの放熱を容易にするためと、シリコンチップとアルミナセラミックス間の熱膨張率差を緩和するために、シリコンチップとアルミナセラミックス間にモリブデン等の金属の熱応力緩和材を挿入していた。しかし、この場合でもシリコンチップとモリブデン間の、又はアルミナセラミックスとモリブデンとの間の熱膨張率差による特に接合層の熱疲労が問題となっていた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記、従来技術では熱膨張率の異なる部材を接合によって複合化した場合の変形及び破壊は完全に防止することは困難であるため、品質信頼性の高い複合体を得ることはできなかった。また、変形や破壊が発生しない場合でも、複合体の強度や耐熱性に問題があり、特にこの問題は、複合化する部材が大きい程、顕著である。

【0006】一方、半導体装置は、通常半導体素子としてのシリコンチップ、絶縁基板としてのセラミックス及び、セラミックスを支持し、かつ半導体素子からの熱を放熱する金属板等の熱膨張率が大きく異なる部材から構成されている。さらに、これらの部材は、はんだ材やろう材による接合によって組立てられている。したがって、半導体装置においても構成要素同士の熱膨張率差に伴う多くの問題が存在する。例えば、上記で述べたセラミックスは、いずれの場合も半導体装置の機械的強度保全のため及び放熱のために銅、鉄、アルミニウム、又はそれらの合金からなる金属支持体に接合材によって固定されている。また、絶縁を必要としない目的の場合は、半導体素子と金属支持体が直接接合されるのが通例である。しかし、これらの半導体装置は、金属支持体とセラミックスや半導体素子との熱膨張率差が大きいと、接

合過程の熱応力または使用中の熱疲労によってセラミックスや半導体素子または接合層に破壊が生じることが多い。そして、これによってこの半導体装置の放熱特性が低下し、短期間の使用で半導体装置としての機能が損なわれるという問題があった。特に発熱量の大きい半導体素子を搭載するパワー半導体の場合は、装置全体の温度上昇及び部材間の温度差も大きくなり、この問題はより顕著である。

【0007】さらに、半導体装置の高出力化に伴って、半導体装置の放熱特性の向上も要求される。すなわち、本発明の目的は、熱膨張率の異なる部材を接合によって複合した場合の変形及び破壊を防止し、品質における信頼性の高い複合体、並びに放熱特性に優れた品質に対する信頼性の高い半導体装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明者は、前記課題に鑑み鋭意検討を重ねた結果、炭素繊維強化炭素複合体(Carbon Fiber Reinforced Carbon, 以下「CFRC」と記載する)を複合材と半導体装置の特定部位に配置することにより、かかる課題を解決し得ることを見出した。

【0009】すなわち、本発明は、第1に熱膨張率の異なる部材の間の少なくとも一側面に金属化層が形成されたCFRCを配置し、複合化されていることを特徴とする複合体を；第2に半導体素子が搭載されたセラミックス基板と、これを支持する金属支持板とを、接合材を介して組立てられる構造の半導体装置において、当該セラミックス基板と金属支持板との間、又は半導体素子とセラミックス基板との間の少なくともいずれか一方に、CFRCを配置して構成されていることを特徴とする半導体装置、及び半導体素子と金属支持板との間にCFRCを配置して構成されていることを特徴とする半導体装置を提供するものである。

【0010】(1) 複合体

本発明複合体に用いられる熱膨張率の異なる部材の組合せとしては、例えば、タングステンと銅、モリブデンと銅、タングステンとステンレス鋼、モリブデンとステンレス鋼等の熱膨張率が異なる金属同士の組合せ；銅と炭化ケイ素セラミックス、銅とアルミナセラミックス、ステンレス鋼と炭化ケイ素セラミックス、ステンレス鋼とアルミナセラミックス等の金属とセラミックス同士の組み合わせ；銅と当方性黒鉛、ステンレス鋼と当方性黒鉛等の金属と黒鉛同士の組み合わせ；又は当方性黒鉛と銅、当方性黒鉛とステンレス鋼等の黒鉛と金属同士の組み合わせ等を例示することができる。

【0011】次に、本発明複合体は、上記熱膨張率の異なる部材の間の少なくとも一側面に金属化層が形成されたCFRCが配置され又は介されていることを特徴とする。配置するCFRCの他の部材との接合面に対する炭素繊維の配向方向は、本発明における複合体の具体的用途に応じ決定される。すなわち、本発明複合体を断熱性が要求さ

れる用途に使用する場合には、かかる炭素繊維の配向方向は、他の部材との接合面に対して平行になるよう配置するのが好ましく、放熱性が要求される用途に使用する場合には、直角に配置するのが好ましい。

【0012】なお、本発明複合体は、原子炉の第一壁等、主に放熱性が要求される用途に用いることが期待されており、かかる意味において、上記配向方向は、接合面に対して直角であることが好ましい。なお、当該CFRCとしては、市販品を用いることも、通常公知の方法を用いて製造することも可能である。

【0013】本発明複合体においては、CFRCと他の部材の間の少なくとも一側面に金属化層が形成されていることを特色とする。この金属化層を形成することにより、従来から金属の接合に一般に適用されている銀ろう又はニッケルろうのような汎用ろう材によるろう付やはんだ付がかかる他部材との間で容易になる。このCFRCの表面に接合用の金属化層を形成する方法は、下記の方法により可能である。

(1) 炭素と反応して炭化物を形成する元素または該元素を含む合金を、CFRCの表面に蒸着などの物理的方法又はめっきなどの化学的方法により付着後、加熱する方法。

(2) 銅、銀、ニッケルの単体又は該金属を一種以上含む合金、または混合粉末中に最大でも50容量%のチタンを含む組成物をCFRCの表面に配置または塗付後、非酸化性雰囲気中で該合金箔または混合粉末の融点以上に加熱する方法。この場合、特に銅と銀との合金中にチタンを1~10wt%添加した組成物は、800~900℃の加熱温度で、また、ニッケル又は銅に30wt%のチタンを添加した組成物は900~1000℃の加熱温度で、さらに、ニッケルとクロムを主成分とする合金の場合は、約1000℃の加熱温度で金属化層が形成される。

【0014】さらに、CFRC表面に予め、接合用の金属化層を設けることにより、ろう材を広範囲に選定できるため、多くの種類の部材との複合化が可能である。例えば、高温加熱の不適當な部材とのろう接合に、軟ろう等の低融点のろう材も適用できるため、接合過程で生じる熱応力を低減でき、品質信頼性の高い複合体が得られる。さらに、大気中での接合も可能であるため、複雑な形状部材や大型部材との接合も可能となる。また、CFRC表面に予め接合用の金属化層を設ける方法により、本発明における複合体の量産も容易である。

【0015】なお、金属化層は銀ろうに対し、炭素と反応して炭化物を形成するタングステン、チタン、ジルコニウム、ハフニウム、ニオブ等の金属を含むペーストを使用して形成するのが好ましく、これらの金属は0.1~10容量%、好ましくは0.5~5容量%がペースト中に含有される。

(2) 半導体装置

本発明半導体装置は、セラミックス基板と金属支持板又は半導体素子とセラミックス基板との間に、あるいは半

導体素子と金属支持板との間にCFRCが配置されていることを特徴とする。

【0016】かかる半導体装置において、CFRCの他部材との接合面に対する配置方向は、本来自由に決定できるが、半導体装置の熱放散性を改善するという所期の目的の達成を考慮すれば、上記の接合面に対して、CFRCの炭素繊維は直角になるよう配置するのが好ましい。この半導体装置のCFRCと他部材との接合方法は、チタン等の活性金属を含むろう材により直接接合する方法又は前記のCFRCの表面に予め金属化層を施した後、通常のろう材により接合する通常公知の方法、例えば、無機系又は有機系の接着材を用いる方法等をも採用することができる。

【0017】なお、本発明半導体装置においては、CFRCにより生ずる炭素粉が電気回路に付着して回路に導電障害を惹き起こすこと等を防止するために、CFRCの表面をセラミックスやガラス状の炭素膜で被覆するのが好ましい。かかるセラミックスやガラス状の炭素膜によるCFRCの被覆方法としては、例えばCFRCの表面にSiCをCVDにより被覆し、これらにさらに通常のガラス被覆をする方法等を例示できる。

【0018】

【作用】次に本発明の複合体及び半導体装置におけるCFRCの作用について説明する。本目的を達成するためのCFRCは、炭素繊維の織物にフェノール樹脂やピッチなどを含浸して焼成これを何度も繰返してマトリックスを炭素化して作られる。炭素繊維はピッチ系でもバン系でも本目的を達成できる。また、複合化は炭素繊維を羽毛状積層法、紙漉法、等方鑄込み法、スプレイ積層法、クロス積層法などの積層法によって得られる。また、炭素繊維は1次元、2次元、3次元のいずれの方法によって織られてもよい。

【0019】上記の方法によって製造されたCFRCは、炭素繊維の種類と配向方向を制御することにより、熱膨張率及び熱伝導率並びに弾性率を広い範囲にわたり制御できる。すなわち、CFRCは以下に示す特徴を有し、この特徴を最大限に利用することにより、本発明の所期の目的の達成が可能である。

(1) CFRCは炭素繊維の配向方向によって熱膨張率を金属とセラミックスや半導体素子との中間の値に制御できる。特に繊維の配向方向に対して直角方向の熱膨張率を $1 \sim 10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ の間で変化できる。このため、セラミックスまたは半導体素子や金属等の熱膨張率の異なる部材と接合した場合の接合面の熱応力を低減できる。炭素繊維は直径 $10 \mu\text{m}$ 以下、好ましくは $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$ の長さの繊維が用いられ、一方向に配向させたものが好ましく、その含有量は $10 \sim 80$ 体積%、好ましくは $20 \sim 60$ 体積%である。また、強度は3点曲げ強度として炭素繊維の配向方向に対して 10 kg/mm^2 以上、好ましくは $20 \sim 60 \text{ kg/mm}^2$ 程度である。

(2) CFRCは繊維の配向方向によって弾性率をも制御でき

る。特に繊維の配向方向に対して直角方向の弾性率を3 GPa程度まで小さくできる。このため、セラミックスや金属等の熱膨張率の異なる部材と接合した場合の接合面の熱応力を低減できる。

【0020】したがって、CFRCの上記(1)(2)の作用によって、セラミックスと金属を接合した場合のセラミックスの破壊を防止できる。

(3) CFRCの最も大きな特徴の一つは、繊維の配向方向を制御することにより、CFRCにクラックが発生した場合でもクラックの進展を抑制できるという点である。特に接合面を繊維の配向方向に対して直角方向になるように配置して接合することにより、熱膨張率の異なる部材の接合面に平行方向に発生したクラックの進展を炭素繊維とマトリックスとの界面でピン止めの効果により阻止できる。すなわち、熱応力に対し、炭素繊維の層間で大きな熱応力やひずみを収容できる。したがって、板厚方向に配向させた炭素繊維のためにクラックの進展は容易に阻止され、品質に欠陥のない複合体を得ることができる。

【0021】前記、クラックの進展を防止し得るCFRCの特徴を半導体装置を適用することにより、半導体装置を製造する過程及び稼働中にセラミックスや接合層に発生する破壊を防止し、その品質に対して信頼性の高い半導体装置を得ることができる。

(4) CFRCは繊維の配向方向の熱伝導率を銅と同等かそれ以上に高くできる。したがって、CFRCをセラミックスや金属等との接合面に対して繊維の配向方向が直角方向になるようにCFRCを配置することにより冷却特性の優れた複合体を得ることができる。逆に繊維の配向方向を接合面に対して平行になるようにCFRCを配置することにより、熱を遮蔽する複合体を得ることができる。

【0022】一方、前記、CFRCの特徴を半導体装置に配置することにより、放熱特性に優れた半導体装置を得ることができる。すなわち、前述のごとく該CFRCを半導体素子とセラミックス基板との間、または、セラミックス基板と金属基板との間、あるいは半導体素子と金属基板との間に接合面に対して繊維の配向方向が直角方向になるようにCFRCを配置することにより、半導体素子からの熱を効率的に放散できる。これによって、半導体装置を長時間使用した場合でも放熱特性を低下することなく、高い品質信頼性を維持できる。

(5) CFRCの密度は、 2 g/cm^3 ($2 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$)以下と小さいため、従来のMo等を使用した複合体や半導体装置に比べて軽量化が図れる。

【0023】なお、本発明における半導体装置はA4サイズ大の金属放熱板に名刺大のセラミックス板とCFRC板との組合せ複合板を複数枚搭載し、各々に複数の半導体素子を搭載するパワー半導体装置に適用できる。かかる半導体素子はセラミックス側に搭載するのが好ましい。

【0024】

【発明の効果】本発明により、第一に、熱膨張率の異な

る部材を接合によって複合化した場合の変形及び破壊を防止し、品質における信頼性の高い複合体を得ることができる。第二に、高温で安定で、かつ放熱特性に優れた半導体装置を得ることができる。

【0025】

【実施例】以下、本発明の実施例について説明する。

【0026】

【実施例1】図1は、タングステンと銅との間にCFRCを配置して接合される複合体の分解断面図である。図1に*

* おいて、1はタングステン、2は銅板、3はCFRC、4は金属化層、5a及び5bはろう材を表している。

【0027】タングステン1は厚さ5mm・50mm角であり、銅板2は厚さ20mm・50mm角であり、CFRC3は厚さ3mm・50mm角であり、かつその炭素繊維の配向方向が接合面に対して直角になるように配置されている。本実施例で使用したCFRC3の特性は表1に示した。

【0028】

【表1】

繊維の 配向方向	密度 (kg/m ³)	熱伝導率 (W/m・K)	熱膨張率 (10 ⁻⁶ /°C)	弾性率 (GPa)	曲げ強度 (MPa)
X	1.9	300	2	15	50
Y	—	300	2	15	50
Z	—	100	8	5	30

【0029】表中、X・Y・Zは、次記図2における炭素繊維の配向方向を示したものである。なお、表1のCFRCは直径7μmの炭素繊維をフェルト状に積層して製作された。そして、図2は炭素繊維の配向方向を示したCFRCの模式図である。この図2において、矢印はCFRCの炭素繊維の配向方向を示すものである。金属化層4は、銀ろう中に2容量%のチタンを添加したペースト状の組成物により、真空炉中で850°C、3分間加熱する方法により予めCFRC3の接合面に、100μmの厚さで形成されている。ろう材5a及び5bは、厚さ100μmの銀ろう箔である。

【0030】各々の部材同士の接合は、真空炉中で830°Cにおいて3分間加熱して行なった。この方法により接合されたタングステン—銅—CFRCの複合体についてせん断試験を行なった結果、CFRCの強度と同等の強度の複合体であることが判明した。なお、この実施例において、タングステンの代りにモリブデンを用いた複合体についても、上記のせん断試験において、同様の結果が得られた。

【0031】

【実施例2】図3は、当方性黒鉛と銅との間にCFRCを配置して接合される複合体の分解断面図である。図3において、1は当方性黒鉛、2銅板、3はCFRC、4は金属化層、5a及び5bはろう材を表している。

【0032】当方性黒鉛1は厚さ5mm・50mm角であり、銅板2は厚さ20mm・50mm角であり、CFRC3は厚さ3mm・50mm角でありかつその炭素繊維の配向方向が接合面に対して直角になるよう配置されている。このCFRC3の特性等は実施例1と同様である。金属化層4はチタン粉末を有機溶材と混合したペースト状の組成物を予めCFRC3の

接合面に100μmの厚さで印刷形成したものである。ろう材5a及び5bは、厚さ100μmの銀ろう箔である。

【0033】各々の部材同士の接合は、真空炉中で830°Cにおいて3分間加熱して行なった。この方法により接合された複合体についてせん断試験を行なった結果、この複合体はCFRCと同等の強度の複合体であることが判明した。なお、この実施例において、銅板2の代りに炭化ケイ素セラミックスを用いた複合体についても、上記のせん断試験において、同様の結果が得られた。

【0034】

【実施例3】図4は、シリコンチップとセラミックス基板との間にCFRCを配置した場合の半導体装置の各々の部品を示した接合前の分解断面図である。図4において、3はCFRC、11はシリコンチップ、12はアルミナセラミックス、13は金属支持板、14a～14cは接合材、15は金属化層を表している。

【0035】CFRC3の厚さは2mmで、両側面に予め接合用の金属化層15が形成されている。この金属化層15の形成方法は実施例1と同様である。またCFRC3は実施例1と同じ特性のものを使用し、炭素繊維の配向方向は、接合面に対して直角方向になるように配置した、金属支持板13としては銅板を用いた。接合材14aは、融点が310°Cの95鉛—5すず(wt%)はんだ、接合材14b及び14cは、融点が183°Cの63すず—37鉛(wt%)のはんだである。従って、接合の順序は、シリコンチップ11とCFRC3が接合材14aによって最初に接合され、次に接合材14b及び14cによって、CFRC3—アルミナセラミックス12—銅支持板13が同時に接合される。

【0036】上記構造の半導体装置について、パワーサイクル試験を行なった結果、50000サイクル以上まで熱

抵抗の変化が見られず、従来の構造に比較して、約5倍以上の品質信頼性が確保された。なお、この実施例において、接合材14bに銀ろうとして銀ろうを用い、CFRC3とアルミナセラミックス12とをろう付け後、14a及び14cをはんだ材によって接合した場合も同様に従来品に比し約5倍以上の品質信頼性が確保されることが証明された。

【0037】

【実施例4】図5は、シリコンチップとアルミナセラミックス基板並びにアルミナセラミックス基板と金属支持板との間にCFRCが配置されている半導体装置の各々の部品を示した接合前の分解断面図である。図5において、3a及び3bはCFRC、11はシリコンチップ、12はアルミナセラミックス、13は金属支持板、14a～14dは接合材、15は金属化層を示している。

【0038】CFRC3a及び3bの厚さは3mmで、この一側面には予め接合用の金属化層15が形成されている。この金属化層15の形成方法は実施例1と同様である。また、CFRC3a及び3bは実施例1と同じ特性のものを使用し、炭素繊維の配向方向は、接合面に対して直角方向になるように配置した。金属支持板13としては、銅板を使用した。本実施例における接合材14aは、融点が280℃の1.5銀-5すず-93.5鉛(wt%)はんだ、14b及び14cは融点が780℃の銀ろう、3dは融点が183℃の63すず-37鉛(wt%)のはんだである。従って、接合の順序は、接合材14b及び14cによって、アルミナセラミックス

*クス12の両面にCFRC3a及び3bがろう付される。次いで、シリコンチップ11が接合材14aによって、CFRC3aの所定の位置にはんだ付される。最後に接合材14dによってCFRC3bは金属支持板13にはんだ付される。

【0039】上記構造の半導体装置において、パワーサイクル試験を行なった結果、50000サイクル以上まで電気抵抗の変化が見られず、従来の構造に比較して、約5倍以上の品質信頼性が確保された。なお、この実施例において、接合材14dに銀ろうを用い、予めCFRC3bと金属支持板13をろう付後、接合材14a、14b、及び14cにはんだを用いて接合しても同様の結果が得られた。

【0040】

【実施例5】図6は、セラミックス基板と金属支持板との間にCFRCが配置されている半導体装置の各々の部品を示した接合前の分解断面図である。図6において、3はCFRC、11はシリコンチップ、12はAINセラミックス、13は金属支持板、14a～14cはろう材、15は金属化層を表している。

【0041】CFRC3の厚さは5mmで、両側面に予め接合用の金属化層15が形成されている。この金属化層15の厚さは1μmで蒸着法により、CFRC3側からチタン-鉛-ニッケルの順で形成した。また、CFRC3は表2に示す特性のものを用い、炭素繊維の配向方向が接合面に対して直角方向になるように配置した。

【0042】

【表2】

繊維の 配向方向	密度 (kg/m ³)	熱伝導率 (W/m・K)	熱膨張率 (10 ⁻⁶ /℃)	弾性率 (GPa)	曲げ強度 (MPa)
X	2.0	400	4	20	60
Y	—	400	4	20	60
Z	—	150	10	10	30

【0043】なお、表2においてX・Y・Zは、前記表1と同様である。また、CFRCは直径10μmの炭素繊維を一方に配向し、これをビッチ系の熱可塑性樹脂で含浸して炭素化することにより製作したものである。AINセラミックス12は、熱伝導率が400W/m・Kである。金属支持板13としては銅板を用いた。接合材14aは、融点が310℃の95銅-5すず(wt%)はんだ、14bは融点が183℃の63すず-37鉛(wt%)はんだ、3cは融点が780℃の銀ろうである。従って、接合の順序は、シリコンチップ1は接合材14aによってAINセラミックス12に、CFRC3は接合材14cによって金属支持板13に別々に接合される。最後に接合材14bによってAINセラミックス12とCFRC3が接合させる。

【0044】上記構造の半導体装置について、パワーサイクル試験を行なった結果、50000サイクル以上まで電気抵抗の変化が見られず、従来の構造に比較して、約5倍以上の品質信頼性が確保された。なお、この実施例において、AINセラミックス12と接合材14bを省略し、シリコンチップ11と金属支持板13とCFRC3とを介して、接合材14a及び14cによって接合した場合も同様の結果が得られた。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1に示す複合体の分解断面図である。

【図2】炭素繊維の配向方向を示したCFRCの模式図である。

【図3】実施例2に示す複合体の分解断面図である。

【図4】実施例3に示す半導体装置の分解断面図である。

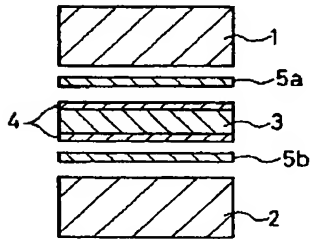
＊る。

【図6】実施例5に示す半導体装置の分解断面図であ

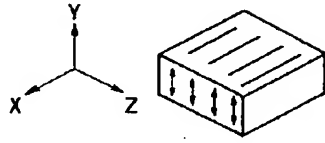
【図5】実施例4に示す半導体装置の分解断面図であ ＊

る。

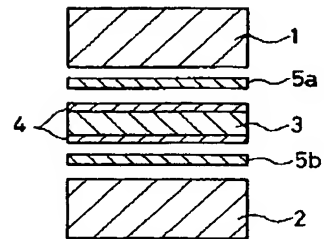
【図1】



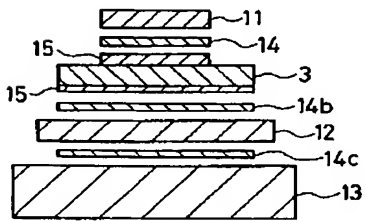
【図2】



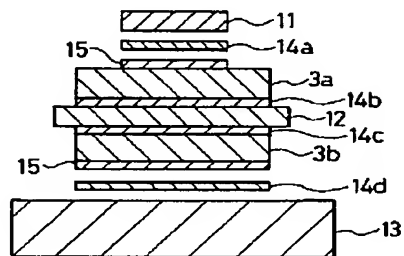
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

